

УДК 681.5.015

РОЗРОБКА СИСТЕМ МОНІТОРИНГУ ДЛЯ ЛАБОРАТОРНОЇ УСТАНОВКИ ФОТО-AВТОКАТАЛІТИЧНОЇ КОНВЕРСІЇ МЕТАНУ У МЕТАНОЛ

Шаповалов Д.Д., Усов М.І., Лорія М.Г., Целіщев О.Б.

DEVELOPMENT OF MONITORING SYSTEMS FOR LABORATORY INSTALLATION OF PHOTO-AUTOCATALYTIC CONVERSION METHANE TO METHANOL

Shapovalov D.D., Usov M. I., Loriya M.G., Tselishev A.B.

У даній статті приведено систему вимірювання параметрів лабораторної установки фото-автокаталітичної конверсії метану в метанол. Хімічний процес фото-автокаталітичної конверсії може відбуватися лише при конкретно визначених параметрах: температури, концентрації, ультрафіолетового випромінювання та ін. Через те, що розроблювана установка є лабораторною та нестандартною, для її роботи необхідно розробити датчики для вимірювання технологічних параметрів. З цією метою було розроблено пристрої для вимірювання рівня та температури для забезпечення оптимальних параметрів протікання хімічного процесу у даній установці.

Ключові слова: лабораторна установка, фото-автокаталітична конверсія, реактор, датчик температури, датчик рівня.

1. Вступ. При розробці будь-якої технології особливу увагу приділяють розробці технологічної схеми та апаратів, які реалізують цю технологію. Процес розробки технологічної схеми можна умовно поділити на декілька етапів:

- розробка лабораторної установки;
- розробка пілотної установки;
- розробка напівпромислової установки;
- розробка промислової установки.

Оскільки в технології, що пропонується, метанол утворюється в одному апараті – реакторі, розробці цього апарату слід приділити особливу увагу. При розробці реактора слід розв'язати такі питання:

- визначити оптимальні параметри реактора;
- обрати елементи оптичної схеми (потужність джерела УФ-випромінювання, його спектральні параметри, марку оптичного скла, через яке здійснюється опромінювання реакційної суміші);
- вирішити питання щодо з'єднання оптичного скла та металевої частини реактора;

- обрати матеріал, з якого слід виготовити корпус та кришку реактора тощо.

Основною проблемою при створенні реактора фото-автокаталітичної конверсії метану в метанол є те, що для здійснення процесу слід забезпечити доступ УФ-випромінювання до реакційної суміші.

2. Аналіз публікацій за темою досліджень.

Сучасні пристрої для виміру температури та рівня не підходять для даної установки за фізичними принципами вимірювання даних величин та мають розміри не сумісні з даною установкою. Також з метою надання максимальної кількості оптимальних функцій і потребується розробити абсолютно нові пристрої.

3. Мета та завдання розробки. Виходячи з аналізу конструктивних та технологічних параметрів установки конверсії можемо зробити висновок про те, що потрібно розробити малогабаритні та функціонально гнучкі пристрої для вимірювання температури у діапазоні до 650 °C з можливістю одночасного вимірювання у декількох точках, а також пристрій для виміру рівня рідини у діапазоні від 40 до 100 см із похибкою виміру рівня рідини не більше 2%.

Для установки розроблено безконтактний ультразвуковий прилад вимірювання рівня рідини у реакторі. Його принципіальна схема зображена на рисунку 1.

Мікроконтролер DD1 програмно формує на своєму виході RB3 серію імпульсів [1]. Тривалість серії – близько 400 мкс, період повторення – 500 мс. Частота імпульсів, що утворюють серію, в програмі задана рівною резонансній частоті датчика (п'єзокерамічного випромінювача – приймача ультразвуку BQ1) – 33 або 40 кГц в залежності від його типу [2,3].

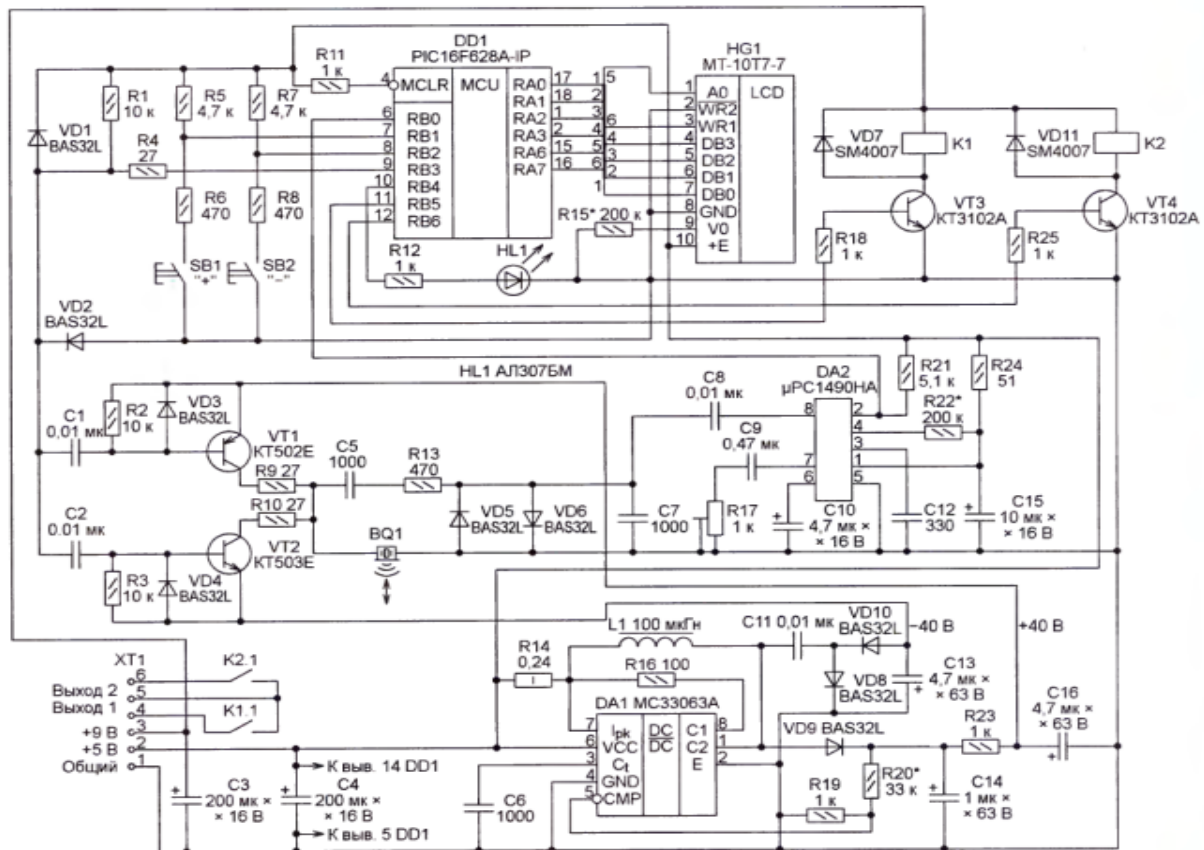


Рис. 1. Схема електрична принципова рівнеміру

Щоб забезпечити необхідну потужність випромінювання, підсилювач на транзисторах VT1 і VT2 доводить розмах, що подаються на датчик BQ1, імпульсів до 80 В. Цей підсилювач живиться двополярною напругою ± 40 В, що отримується за допомогою перетворювача постійної напруги в постійну напругу на мікросхемі DA1. Датчик з'єднують з блоком коаксіальним кабелем з хвильовим опором 50 або 75 Ом.

Одночасно з початком серії запускається внутрішній лічильник мікроконтролера. Випромінена ультразвукова хвиля досягає межі розділу повітря – рідина і, відбившись від неї, повертається назад до датчика, який тепер служить приймачем ультразвуку.

Прийнятий відбитий сигнал надходить на вхід мікросхеми DA2. Обмежувач на діодах VD5 і VD6 захищає його від значно більш потужного зондуєчого імпульсу. Мікросхема DA2 підсилює сигнали, фільтрує їх, виділяє огибаючу і перетворює її в прямокутні імпульси амплітудою близько 5 В.

Мікроконтролер за допомогою вбудованого лічильника-таймера вимірює інтервал t_s , переводить результат в сантиметри і виводить його на РКІ HG1. Хоча фактична швидкість звуку в реальних умовах може відрізнятися від номінального значення, це призводить до похибки вимірювання рівня рідини не більше 2%, що для описуваного приладу цілком допустимо.

При відстані датчик – поверхня менше 40 см нормальна робота приладу порушується. У кожному періоді повторення зондувальних імпульсів він приймає два і більше відображених сигналу, а обчислене значення відстані сильно відрізняється від істинного. У зв'язку з цим у програмі мікроконтролера накладено заборону на обробку відбитих сигналів, що приходять із затримкою менше 2,4 мс, і зона 0 - 40 см "закрита" для вимірювання.

У разі тимчасової відсутності відбитих сигналів на РКІ виводиться напис "no SenSor". Якщо їх немає більше 40 с, від напруги високого логічного рівня на виході RB4 мікроконтролера включається світлодіод HL1. З відновленням прийому відбитих сигналів вимірювання продовжуються.

При включенні живлення рівнеміра на його РКІ на першій секунді з'являється напис "Start", потім вона зникає і починається вимірювання рівня рідини. Його результат в сантиметрах займає на РКІ знаменісця з сьомого по дев'яте зліва і оновлюється два рази на секунду. Для переходу в режим установки параметрів необхідно натиснути на кнопку SB1 і утримувати її протягом приблизно 8 с. На РКІ повинна з'явитися на 1 с напис " --- ". Потім почнеться автоматичний перебір параметрів в наступному порядку:

- SET – вибір виведеного на РКІ відстані (0 – поверхня – датчик, 1 – поверхня – дно резервуара);
- LEU – відстань від датчика до дна резервуара (тільки в режимі SET=1, при SET=0 цей параметр пропускається);
- OFF1 – рівень відпускання реле K1;
- On1 – рівень спрацювання реле K1;
- OFF2 – рівень відпускання реле K2;
- On2 – рівень спрацювання реле K2;
- HYSt – ширина зони гістерезису.

Кожен з них залишається на індикаторі 7 с. По закінченні циклу перебору прилад повертається в робочий режим. Фактично завжди вимірюється відстань датчик–поверхня. Але при SET=1 перед використанням і виведенням на РКІ воно віднімається з введеного користувачем значення параметра LEU.

Щоб змінити значення будь-якого параметра, під час його присутності на РКІ натискають на кнопку SB1 (збільшення) або SB2 (зменшення). Параметру SET натисканням на кнопку SB1 присвоюють значення 1, а на кнопку SB2 – 0. На час утримання будь-якої кнопки натиснутою рахунок часу переривається. Якщо відведеного інтервалу часу на установку потрібного значення не вистачило, її можна продовжити, повторно

увійшовши в режим перегляду параметрів. Оскільки встановлені значення параметрів зберігаються в незалежній пам'яті мікроконтролера, вони не змінюються при виключенні і наступного включення живлення приладу.

Гістерезис необхідний для захисту від помилкових спрацювань. Наприклад, таке спрацювання може відбутися при появі імпульсу перешкоди в інтервалі між рівнями спрацювання і відпускання реле. Щоб цього не сталося, програма мікроконтролера порівнює кожен новий відлік рівня з попереднім. Новий відлік вважається істинним і виводиться на РКІ, якщо він відрізняється від попереднього не більше, ніж на задане значення HYSt. Результати, що не потрапили в цей інтервал, будуть проігноровані. А якщо перешкода все-таки потрапить в нього, вона внесе незначну похибку.

При дуже швидкому зміні рівня рідини або при хвилюванні на її поверхні рекомендується задати HYSt=10, в іншому випадку достатньо 5–7.

Натисканням і утриманням протягом 5 с кнопки SB2 можна перезапустити мікроконтролер.

Пристрій виміру температури являє собою складний електронний блок. Принципова схема пропонованого пристрою представлено на рисунку 2.

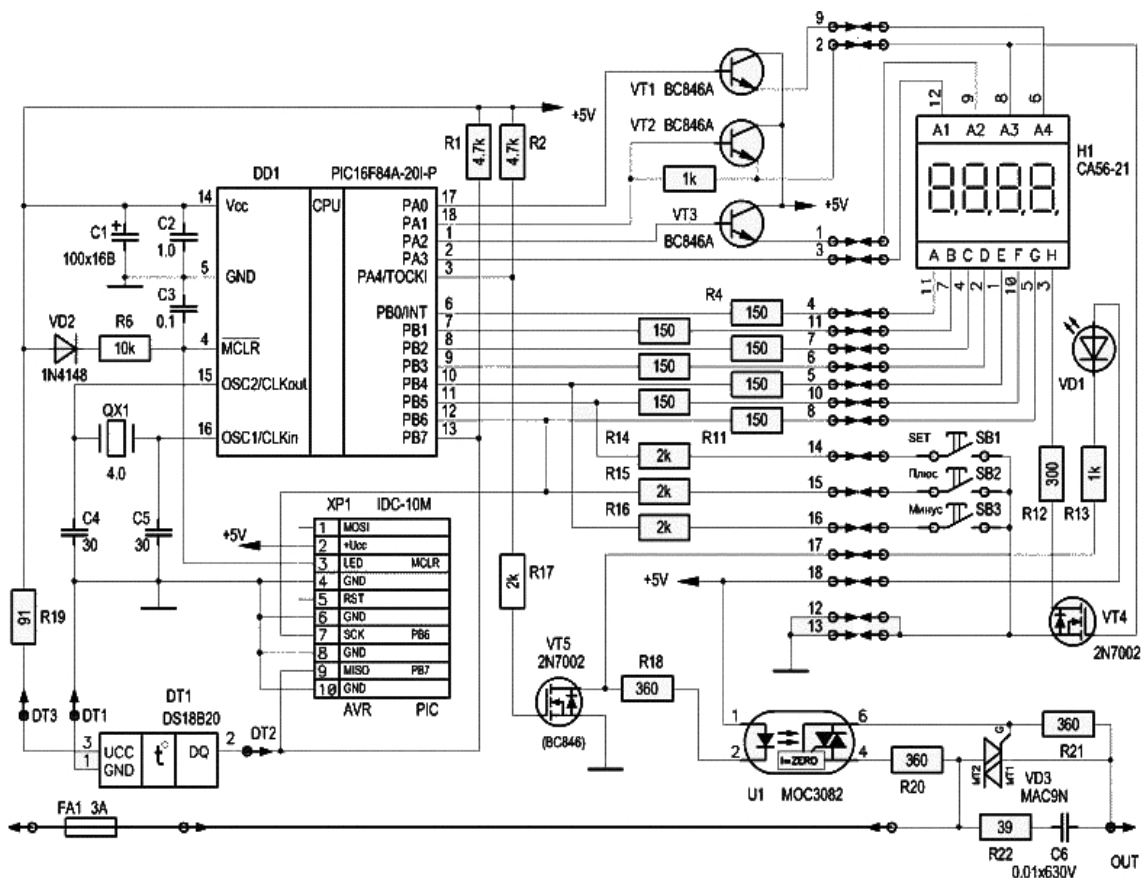


Рис. 2. Схема електрична, принципова

Прилад має такі режими роботи: режим гістерезису температури, інверсії виходу, шпаруватості (П-регулювання) і вимір температури. За допомогою додаткових перемикачів можливо змінювати значення уставок (до 20% від максимуму), включати або вимикати відповідно режими інверсії і П-регулювання. Після зміни установок і режимів, все записується в незалежну пам'ять EEPROM МК. Основою даної електричної схеми є напівпровідниковий мікроконтролер PIC16F84A (DD1). Для виміру температури використовується інтегральний цифровий датчик DS18B20 (BK1). Ця мікросхема не потребує калібрування і дозволяє вимірювати температуру середовища від -20 до 650°C. Причому в інтервалі температури від -50 до 300°C проводиться вимірювання з похибкою до $\pm 0,5^\circ\text{C}$, а після 300 з похибкою:

$$\pm (9,6 - 0,66 * 10 - 2 * (t - 300) * 100) / 650, \quad (1)$$

де t - температура у перевіряємій позначці.

Датчик DS18B20 являється найсучаснішим представником свого сімейства. На відміну від своїх попередників він перед початком вимірювань дає можливість визначити відносну точність із наступного списку значень: 0,5; 0,25; 0,125 та 0,625°C. При цьому час вимірювання відповідно дорівнюватиме 93,75; 187,5; 375 та 750 мс [4].

Принцип роботи датчика DS18S20 засновано на підрахунку числа імпульсів, які виробляються генератором з низьким температурним коефіцієнтом у часовому інтервалі, який утворюється генератором з іншим температурним коефіцієнтом. Під час цього внутрішня логіка датчика враховується та компенсується параболічна залежність частот обох генераторів від температури.

Обмін командами управління і дані між датчиками та МК, який працює на частоті 4 МГц, здійснюється по однопровідній двонаправленій шині передачі даних 1-Wire. Кожний екземпляр DS18B20 має унікальний 48-бітний номер, записаний за допомогою лазера у ПЗУ під час виробництва. Це дозволяє під'єднувати до однієї шини практично безмежну кількість таких приладів. Обмежуючим фактором являється, загалом, загальний час, який витрачається на послідовний опитування усіх датчиків, які підключені до мережі.

З періодом, який дорівнює 1 секунду, МК надсилає датчику команду на запуск процесу вимірювання температури і отримує від нього результат минулого виміру. Прийнятий від датчика 12-ти бітний код, відповідно виміряної температури, перетворюється в десяткову форму, яка округляється до десятих часток градуса і виводиться на світлодіодний індикатор у динамічному режимі. Подача напруги логічного 0 на один із виходів вмикає відповідний розряд індикатора, виводячи при цьому на виходи семіелементний код, відображаємий в даному розряді цифр. Управління крапкою на індикаторі, яка відділяє цілу частину

відображаємої температури від десяткової, МК створює через вихід з відкритим стоком. Період відображення усіх трьох розрядів індикатора приблизно дорівнює 12,3 мс при частоті у 81 Гц.

Через те, що загалом індикатори в інтервалі від -14,9 до +99,9 °C відображають температуру з похибкою до 0,1 °C, а в інтервалі від -50 до -15 та від +100 до 300 °C з точність до 1 °C відпадає необхідність у відображенні десяткових часток градуса.

У кінці кожного періоду відображення інформації на індикаторі, МК перевіряє стан кнопок керування. Для цього на виході встановлюється напруга високого логічного рівня (це відповідає відключенню усіх розрядів індикатора), а на виході напруга логічного 0. Розряди переналаштовуються на введення, при цьому до них підключаються внутрішні «підтягуючі» резистори, які з'єднані з шиною живлення у +5 В. Таким чином при натисканні на кнопки високий логічний рівень напруги змінюються низьким, за чим і слідує МК. Підключення до цих розрядів елементів світлодіодних індикаторів не дає великого впливу на стан вказаних вхідів МК, оскільки струм в протилежному напрямку через них зневажливо малий. Утримання кнопок в натиснутому стані не впливає на роботу індикаторів в період відображення інформації, тому, що струм між виходами та через кнопки обмежується резисторами.

4. Розрахункова частина. Було проведено оцінку технологічності конструкцій шляхом розрахунку комплексного показника технологічності даних виробів й порівняння їх з нормованим показником, установленим для даних видів виробів. Нормований показник технологічності для серійного виробництва перебуває в межах від 0,45 до 0,75. Комплексний показник визначається на основі відносних приватних показників і коефіцієнтів їхнього впливу на технологічність виробу.

Т а б л и ц я

Показники технологічності й коефіцієнти значимості

Показник технологічності K_i	Коефіцієнт значимості ϕ_i пристрою температури	Коефіцієнт значимості ϕ_i пристрою рівня
K_i	1	1
$K_{\text{пм}}$	1	1
$K_{\text{пов}}$	0,75	0,75
$K_{\text{п}}$	0,5	0,5
K_y	0,313	-

Комплексний показник розраховувався за формулою:

$$K = \frac{\sum_{i=1}^5 K_i \cdot \varphi_i}{\sum_{i=1}^5 \varphi_i} \quad (2)$$

Для пристрою вимірювання температури цей показник дорівнює :

$$K = \frac{0,93 \cdot 1 + 0,046 \cdot 1 + 0,75 \cdot 0,75 + 0,75 \cdot 0,5 + 0,69 \cdot 0,313}{1 + 1 + 0,75 + 0,5 + 0,313} = 0,6 \quad (3)$$

Для пристрою вимірювання рівня рідини:

$$K = \frac{0,423 \cdot 1 + 0,606 \cdot 1 + 0,7 \cdot 0,75 + 0,93 \cdot 0,5}{1 + 1 + 0,75 + 0,5} = 0,621 \quad (4)$$

Порівнюючи комплексний показник технологічності виробів з нормованим показником технологічності для дрібносерійного виробництва можна зробити висновок про те, що розроблювані вироби є досить технологічними [5,6,7].

5. Висновок. Враховуючи проведені розрахунки технологічності приладів для вимірювання температури та рівня рідини для установки фото-автокаталітичної конверсії метану у метанол можна підвести підсумки: показники технологічності вище середніх, завдяки технологічності виконання і відповідності необхідним умовам та потребам для моніторингу технологічного процесу.

Література

1. Предко М. Справочник по PIC-микроконтроллерам / М. Предко, - ДМК Пресс, Додэка XXI, 2002. - 492 с.
2. [Электронный ресурс]. : Схема. Ультразвуковой измеритель уровня жидкости /А. Куksа, В. Снигур, - Севастополь, 2012. - Общий доступ: http://radioelectronika.ru/?mod=cxemi&sub_mod=full_cx_ema&id=793C8051F320/1datasheet
3. Куksа А. Ультразвуковой измеритель уровня жидкости / А. Куksа, В. Снигур, М. : Радио. Массовый ежемесячный научно-технический журнал, 2012, № 6. 40 - 43 с.
4. Кечиев, Л. Н. Проектирование печатных плат для цифровой быстродействующей аппаратуры. / Л. Н. Кечиев, - М.: Группа ИДТ, 2007. - 616 с.
5. Кроннегер О. Сборник формул для радиолюбителя / О. Кроннегер, - М. : Энергия, 1964. - 65 с.
6. Изьюрова Г. И. Расчет электронных схем / Г. И. Изьюрова, Г. В. Королев, В. А. Терехов, - М. : Высшая школа, 1987. - 335 с.
7. Ганжа С. М. Конструювання радіоелектронної апаратури / С. М. Ганжа, - Луганськ: Вид-во СНУ ім. В. Даля, 2013. - 556 с.

References

1. Kronneger O. Sbornik formul dlja radioljubitelja / O. Kronneger, - M. : Jenergija, 1964. - 65 s.
2. Izjurova G. I. Raschet jelektronnyh shem / G. I. Izjurova, G. V. Korolev, V. A. Terehov, - M.: Vysshaja shkola, 1987. - 335 s.

3. Predko M. Spravochnik po PIC-mikrokontrolleram / M. Predko, - DMC Press, Dodjeka XXI, 2002. - 492 s.
4. [Elektronnij resurs]. : Shema. Ul'trazvukovoj izmeritel' urovnja zhidkosti /A. Kuksa, V. Snigur, - Sevastopol', 2012. - Obshhij dostup: http://radioelectronika.ru/?mod=cxemi&sub_mod=full_cx_ema&id=793C8051F320/1datasheet
5. Kuksa A. Ul'trazvukovoj izmeritel' urovnja zhidkosti / A. Kuksa, V. Snigur, M. : Radio. Massovyy ezhemesjachnyj nauchno-tehnicheskij zhurnal, 2012, № 6. 40 - 43 s.
6. Ganzha S. M. Konstruiuvannya radioelektronnoi aparaturi / S. M. Ganzha, - Lugans'k: Vid-vo SNU im. V. Dalja, 2013. - 556 s.
7. Kechiev, L. N. Proektirovanie pechatnyh plat dlja cifrovoj bystrodejstvujushhej apparatury. / L. N. Kechiev, - M.: Gruppa IDT, 2007. - 616 s.

Шаповалов Д. Д., Усов Н. И., Лорія М. Г., Целіщев О. Б. Разработка систем мониторинга для лабораторной установки фото-автокаталитической конверсии метана в метанол

В данной статье приведены разработки систем измерения параметров лабораторной установки фото-автокаталитической конверсии метана в метанол. Химическая реакция фото-автокаталитической конверсии может происходить только при конкретно определенных параметрах температуры, концентрации, ультрафиолетового излучения и др. Так как разрабатываемая установка является лабораторной и нестандартной, то для ее работы необходимо разработать датчики для измерения технологических параметров. С этой целью были разработаны устройства для измерения уровня и температуры для обеспечения оптимальных параметров протекания химической реакции в данной установке.

Ключевые слова: лабораторная установка, фото-автокаталитическая конверсия, реактор, датчик температуры, датчик уровня.

D. D.Shapovalov, N. I. Usov, M. G. Loriya, A.B. Tselishev Development of monitoring systems for laboratory install of photo-autocatalytic conversion methane to methanol

This article describes the development of devices for monitoring the process. Attention is paid to the process of developing devices and calculation of technological parameters. There are tells about the electrical scheme of devices and information of the work. Was evaluated by calculating the manufacturability of designs comprehensive measure of adaptability of these products and their comparison with normalized index established for these types of products. Normalised indicator of adaptability for mass production is in the range of 0.45 to 0.75. A comprehensive index is based on the relative performance of private factors and their impact on the manufacturability of the product. Complex technological parameters for the two products were comparable with normalized indicator.

The next step in developing a monitoring system is to create a workable model installation of photo-autocatalytic conversion methane to methanol in CAD SCADA TRACE MODE IDE 6(base).

Keywords: laboratory installation, photo-autocatalytic conversion reactor, temperature sensor, level sensor.

Шаповалов Даніїл Дмитрович – студент групи РЕА-10дм, Технологічний інститут Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля (м. Сєверодонецьк), fun_shahtera@mail.ru

Усов Микола Ігорович – студент групи РЕА-10дм, Технологічний інститут Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля (м. Сєверодонецьк)

Лорія Марина Геннадіївна – к.т.н., доцент, доцент кафедри електронних апаратів, Технологічний інститут

Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля (м. Сєверодонецьк), atp02@ukr.net

Целіщев Олексій Борисович – к.т.н., доцент, доцент кафедри комп'ютерно - інтегрованих системи керування, Технологічний інститут Східноукраїнського національного університету імені В. Даля (м. Сєверодонецьк), atp00@ukr.net

Рецензент: **Суворін О. В.** – д.т.н., доцент

Стаття надана 24.11.2014